



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

JEDNOÚČELOVÝ STROJ PRO MONTÁŽ TERMOSTATU

SINGLE-PURPOSE MACHINE FOR MOUNTING OF THERMOSTAT

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Hajda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav konstruování
Student: **Jan Hajda**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.**
Akademický rok: 2016/17

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Jednouúčelový stroj pro montáž termostatu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Montáž termostatické jednotky pro osobní vozy je velice přesná, časově náročná a mechanicky složitá. Jednouúčelový stroj bude sloužit k rychlé a přesné montáži termostatu včetně kontroly.

Typ práce: vývojová – konstrukční

Cíle bakalářské práce:

Hlavním cílem je návrh a konstrukce jednouúčelového stroje, který dokáže smontovat termostat pro osobní vozidlo s definovanou přesností v daném čase.

Dílčí cíle bakalářské práce:

- identifikace parametrů zařízení,
- návrh montážního postupu,
- konstrukce zařízení,

Požadované výstupy: průvodní zpráva, návrhový výkres, fotografická dokumentace.

Rozsah práce: cca 27 000 znaků (15 – 20 stran textu bez obrázků).

Struktura práce a šablona průvodní zprávy jsou závazné:

http://dokumenty.uk.fme.vutbr.cz/BP_DP/Zasady_VSKP_2017.pdf

Seznam doporučené literatury:

SHIGLEY, J.E., MISCHKE, Ch.R., BUDYNAS, R.G.: Konstruování strojních součástí. Překlad 7. vydání, VUTIUM, Brno 2010, 1186 s, ISBN 978-80-214-2629-0.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Martin Hartl, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je navrhnout jednoúčelový stroj pro kompletaci termostatu do spalovacího motoru osobního automobilu. V první řadě je potřeba navrhnout koncepční řešení, které je schopno složit termostat v co nejkratším čase, nebude v rozporu s konstrukčním omezením, zástavbovými rozměry a v neposlední řadě bude stroj ergonomický a uživatelsky přívětivý. Následně vybraná varianta bude zkonstruována a na základě výkresové dokumentace se vyrobí jednoúčelový stroj, který bude pracovat v třísměnném provozu.

Klíčové slova: jednoúčelový stroj, termostat, poloautomatický výrobní stroj

ABSTRACT

The aim of the bachelor's thesis is to design a single-purpose machine for completion the thermostat into combustion engine of a vehicle. First of all, it is necessary to design a conceptual solution that is able to lay down the thermostat in the shortest possible time, will not conflict with construction restrictions, the installation dimensions, and last but not least, the machine will be ergonomic and user-friendly. The subsequently selected variant will be designed and based on the drawing documentation will be produced a single-purpose machine, which will operate in three-shift work.

Key words: single-purpose machine, thermostat, semi-automatic production machine

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HAJDA, J. *Jednouúčelový stroj pro montáž termostatu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 48 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejs, CSc.

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval svému vedoucímu, panu doc. Ing. Janu Brandejsovi, CSc. za odborné rady a ochotu při konzultacích, kterými přispěl k vypracování bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval rodině a přátelům, kteří mne během studia podporovali.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že bakalářskou práci *Jednouúčelový stroj pro montáž termostatu* jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce doc. Ing. Jan Brandejš, CSc. a uvedl v seznamu literatury všechny zdroje.

V Brně dne: 25.5.2017

Jan Hajda

OBSAH

ÚVOD	12
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ.....	13
1.1 Termostat u spalovacího motoru	13
1.2 Jednoúčelový stroj	13
1.3 Jednoúčelové stroje v různých průmyslových odvětvích	14
1.4 Příslušenství k jednoúčelovým strojům	17
1.5 Bezpečnost strojů.....	18
2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE.....	21
2.1 Požadavky na zařízení	21
2.2 Konstrukční omezení.....	21
2.3 Náhradní díly	22
2.4 Cíl práce.....	22
3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ	24
3.1 První návrh	24
3.2 Druhý návrh.....	25
3.3 Třetí návrh	26
4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	28
4.1 Volba materiálu	28
4.2 Konstrukce dílů.....	30
4.3 Pneumatické komponenty.....	30
4.4 Konstrukce kyvného mechanismu.....	31
4.5 Senzorika	34
4.6 Lineární vedení	36
4.7 Energetické řetězy	37
4.8 Rám.....	38
5 DISKUZE	41
6 ZÁVĚR	42
7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	43
8 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ.....	45
9 SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ.....	46
10 SEZNAM TABULEK.....	47
11 SEZNAM PŘÍLOH	48

ÚVOD

S příchodem doby, kdy člověk potřeboval vyrobit produkty, bylo nutné zhotovit i jednoduché stroje umožňující at' už kusovou výrobu, tak sériovou výrobu produktů. Jako příklad slouží mlýnské kolo poháněné proudem vody, které umožňovalo mlít mouku již v dávných dobách.

S postupem času, byly vyvíjeny stále sofistikovanější produkty ve větších sériích. Bylo potřeba zhotovit stroje, které umožňovali vyrábět produkty bez zásahu lidského faktoru. K největšímu rozvoji v průmyslové výrobě bylo dosaženo v průběhu 19. století.

Zde jako příklad může posloužit první sériově vyráběný automobil na světě Ford model T. K vyrobení automobilu v co nejkratším čase a co největší sérii, je potřeba plno pracovních úkonů nahradit stroji. Spojovací materiál se vyrábí na strojích, kde není potřeba lidské obsluhy. Plechové díly se zhotovují na lisech, kde obsluha pouze vkládá polotovar a vykládá výrobek. S postupem času se vyvíjeli novější a složitější automobily, a proto se jednoúčelové stroje stále vylepšují a modernizují [1].

V dnešní době jsou jednoúčelové stroje postupně obohaceny použitím softwaru, elektronickým řízením v podobě senzorů, či využitím různých typů pohonů, například pneumatickým. Tyto vylepšení dělají jednoúčelové stroje přesnější, rychlejší, chytřejší, nebo také bezpečnější v případě, že je stále potřeba lidské obsluhy.

Díky těmto vylepšením se jednoúčelové stroje v dnešní době využívají i tam kde to dřív nebylo možné a je snaha dále jednoúčelové stroje inovovat, aby se jednou mohla zcela vyloučit potřeba lidské obsluhy u výroby a tím například eliminovat chybu v podobě špatně smontované součásti.

Bakalářská práce je zaměřená na konstrukci a výrobu jednoúčelového stroje umožňujícího kompletaci termostatu umožňující průchod kapaliny do chladiče v případě dosažení požadované teploty.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

1.1 Termostat u spalovacího motoru

1.1

Termostat je zařízení používané u spalovacího, vodou chlazeného motoru. V případě dlouhé nečinnosti motoru teplota chladicí kapaliny má stejnou teplotu jako teplota okolí. Provozní teplota chladicí kapaliny u spalovacího motoru má teplotu okolo 90°C a proto je potřeba při nastartování co nejdříve zahřát motor na požadovanou teplotu. Pokud je motor ohřát na provozní teplotu, dojde k optimálnímu vymezení vůlí, což je pro nás důležité z hlediska životnosti jednotlivých komponent použitých ve spalovacím motoru.

Pokud se v motoru nenachází termostat, při nastartování dojde k oběhu chladicí kapaliny v chladicím okruhu, kde se nachází řádově litry chladicí kapaliny. Motoru trvá mnohem déle, než se zahřeje na požadovanou teplotu, tím pádem je motor po delší dobu vystaven zvýšenému tření.

Při jízdě na dlouhých silničních úsecích, kde se nevyužívá maximální výkon motoru dochází k ochlazení chladicí kapaliny pod provozní teplotu, což například způsobuje nestejný chod motoru. Pro zamezení vzniku nežádoucích situací je potřeba k motoru připevnit termostat, viz obr. 1, který udržuje ideální teplotu chladicí kapaliny. Aby tohoto aspektu bylo docíleno je potřeba zamezit cirkulaci chladicí kapaliny v chladicím okruhu.



Obr. 1 Termostat, součást termostatické jednotky

1.2 Jednoúčelový stroj

1.2

Pod pojmem jednoúčelový stroj si můžeme představit stroj, který kompletuje určitý soubor dílů, nebo taky obráběcí stroj určený pouze pro jednu určitou činnost. U všech

aplikací se očekává, že jednoúčelové stroje práci vykonají kvalitněji, nebo efektivněji než člověk.

Jednoúčelové stroje můžeme dělit podle různých koncepcí, nebo řízení stroje. V sériové výrobě, kde se vyrábí jednoduché díly, lze použít plně automatickou linku, kde je potřeba do zásobníků dodávat polotovary. Pokud ale potřebujeme zhotovit sofistikovanější součást, je zde stále potřeba lidské obsluhy, která vykoná pohyby, které by se těžce mechanizovali.

1.3 Jednoúčelové stroje v různých průmyslových odvětvích

Jednoúčelové stroje v potravinovém průmyslu

U strojů v potravinářském průmyslu jsou kladeny vysoké nároky na hygienickou nezávadnost, snadné čištění, nepřetržitý provoz, nebo také rychlé zpracování produktů, aby nedošlo k degradaci kvality produktů [2].

Balící stroj Karpтек – obr. 2

Je to automatické balící zařízení na principu karuselu. Princip stroje spočívá v balení tekutých, řídkých, nebo hustých hmot jako jsou houby, maso, ale také práškové látky, a to jak za tepla i za studena. Tyto potraviny stroj vkládá do kelímků, které následně uzavře víčkem. Víčko může buď zatlačit do kelímku, nebo taky spojit pomocí svaření. V kruhu po obvodu stroje jsou taky umístěny všechny potřebné stanice s příslušnými funkcemi [3].



Obr. 2 Balící stroj Karpтек [3]

Jednoúčelové stroje v polygrafickém průmyslu

V polygrafickém průmyslu se jednoúčelové stroje používají hlavně ke zpracování papírů, fólií, nebo lepicí pásy. Tyto materiály můžou stroje různě dělit, tvarovat a libovolně třídit, tak jak je potřeba.

IMA-Slitter na dělení papírových rolí – obr. 3

„Obsluha založí vždy roli na lože, které tvoří dva otáčející se válce. Ořízne v případě nutnosti nejprve oba boky a teprve potom řeže danou délku. Na displeji nastaví sadu šířek, které bude potřeba řezat a pila postupně řeže roli na dané šířky. Proti svírání kotouče je pila opatřena rozvracím kotoučem. Pro zavážení vysokozdvížným vozíkem je slitter vybaven středícím zdvihaným dopravníkem s vyklápěním, aby se zabránilo kontaktu vidli vozíku s unášecími válci. Slitter zvládne role o průměru 300-800 mm o maximální délce 3250 mm. Hmotnost zařízení je cca 2 tuny“ [4].



Obr. 3 Jednoúčelový stroj Slitter [4]

Jednoúčelové stroje pro obrábění

S jednoúčelovými stroji vhodné pro obrábění se můžeme v převážné míře setkat v sériové výrobě, kde oproti konvekčním obráběcím strojům vynikají svojí rychlostí výroby a mnohdy taky jednoduchostí systému.

Jednoúčelový stroj na odstraňování čípku – obr. 4

„Stroj slouží k odstraňování čípku na čele po soustružení na polotovarech hřídeli vysokootáčkových vřeten textilních strojů broušením. Polotovary hřídelí jsou v mechanicko-gravitačním zásobníku za pohybu zakládány do horizontálního podávacího bubnu, kde jsou elektromagnetickým palce dotlačeny do lůžka v polohovacím pouzdru a následně dojde k odstranění čípku a zarovnání čela hřídele brusným kotoučem. Následně jsou hřídele automaticky vyhozeny na skluz do přepravky“ [5].



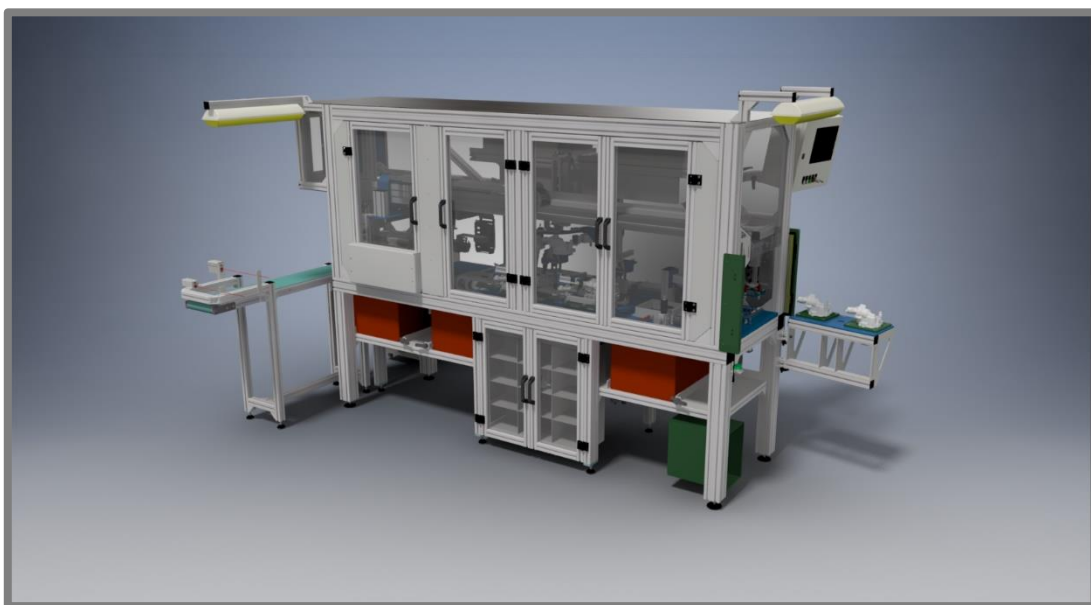
Obr. 4 Stroj odstraňující čípek [5]

Jednouúčelové stroje pro automobilový průmysl

S jednouúčelovými stroji se v automobilovém průmyslu setkáváme čím dál častěji. Hlavní důvod je kvůli neustále větším počtům vyráběných vozidel a s tím spojenou dobu výrobu jednotlivých dílů

Jednouúčelový stroj pro kontrolu těsnosti termostatu Tester – obr. 5

Obsluha nejdříve vyčistí termostat a následně nasadí těsnění pomocí dvou lůžek umístěné mimo stroj. Poté založí díl do testeru. Následně probíhá kontrola všech dílů, zdali jsou správně smontovány, popřípadě jestli se díly nachází v termostatu. Poté se otestuje těsnost pomocí tlakové zkoušky a pokud je vše v pořádku, tak se na díl označí QR kódem. Poté chapadlo přetočí termostat a uloží na výstupní pás. Pokud se v průběhu narazí na chybu, díl se vyhodí do patřičné bedny pro zmetkové kusy.



Obr. 5 Jednouúčelový stroj Tester

1.4 Příslušenství k jednoúčelovým strojům

1.4

Každá firma preferuje určité společnosti, které jim dodávají různé součásti jako můžou být pneumatické komponenty, senzory a mnoho dalšího. Pověstinou u zákazníků platí, že tyto dodavatele již nemění. Má to své důvody, jako může být kompatibilita různých linek například po elektronické stránce, nebo mezi další důvody může také spadat např. možná výměnná některých zařízení ze starých nepoužívaných linek na momentálně produktivní linky. Může se taky stát, že určité produkty se nemusí při daných pracovních podmínkách plně osvědčit, můžou být problémové, nebo nesplňovat patřičné nároky, a proto není možné produkty této firmy na daných strojích využívat. Dále jsou uvedené upřednostňované firmy jak ze strany zákazníka, tak i námi.

Festo

Festo je předním celosvětovým dodavatelem automatizační techniky, konkrétně pneumatických a elektrických pohonů včetně příslušenství, softwaru a ovladačů. Společnost se také výrazně angažuje v oblasti poskytování průmyslových školení a vzdělávacích programů. „*Náš cíl: maximální produktivita a konkurenceschopnost pro naše zákazníky.*“ [6] V neposlední řadě také společnost Festo hledá inspiraci pro své projekty v přírodě, kde se snaží vytvořit bionické koncepce shodné s živými tvory jako je např. Racek, nebo mravenec [6], [7].

Balluff

„*S více než 50 lety zkušeností v oblasti snímačové technologie je Balluff GmbH celosvětově uznávaný specialista a jeden z nejúspěšnějších výrobců snímačové technologie*“ [8].

Do hlavního výrobního spektra balluffu spadají elektronické a mechanické snímače, rotační a lineární snímače, nebo taky identifikační systémy. Tyto produkty mají uplatnění v širokém spektru odvětví jako je ocelářský, obalový, nebo polovodičový průmysl [9].

Alutec K&K

Společnost Alutec K&K je česká společnost působící od roku 1994. Začala jako dovozce hliníkového konstrukčního systému. V dnešní době nabízí širší sortiment ve formě různých typů dopravníků (pásové, válečkové, modulové...), kruhové, nebo obdélníkové hliníkové profily včetně příslušenství jako jsou ustavovací patky, madla, spojky, panty. Taky nabízí lineární vedení a ochranné kryty [10].

Sick

Sick je přední výrobce inteligentních senzorů, určených jak pro bezpečnost, tak pro měření nebo detekci obtížně měřitelných veličin. Mezi nejvyužívanější produkty značky Sick patří optoelektronické ochranné zařízení, blokovací zařízení, nebo fluidní senzorika [11].

Hiwin

„*HIWIN je dnes v mnoha zemích světa synonymem pro vysoce kvalitní komponenty lineární techniky*“ [12]. Mezi produkty firmy Hiwin patří lineární vedení, pohony, motory, kuličkové šrouby včetně opracování konců pro uložení, kuličková pouzdra, lineární sety, kalené broušené vodící tyče, polohovací systémy, KK moduly, lineární aktuátory, odměřovací systémy včetně technické podpory [12].

Další společnosti – Tab.1

Tab. 1 Přehled dalších společností

Společnost	Produkty
Igus	Energetické řetězy
Misumi	Pojezdová kolečka s patkou
Banner	Spouštěcí tlačítka

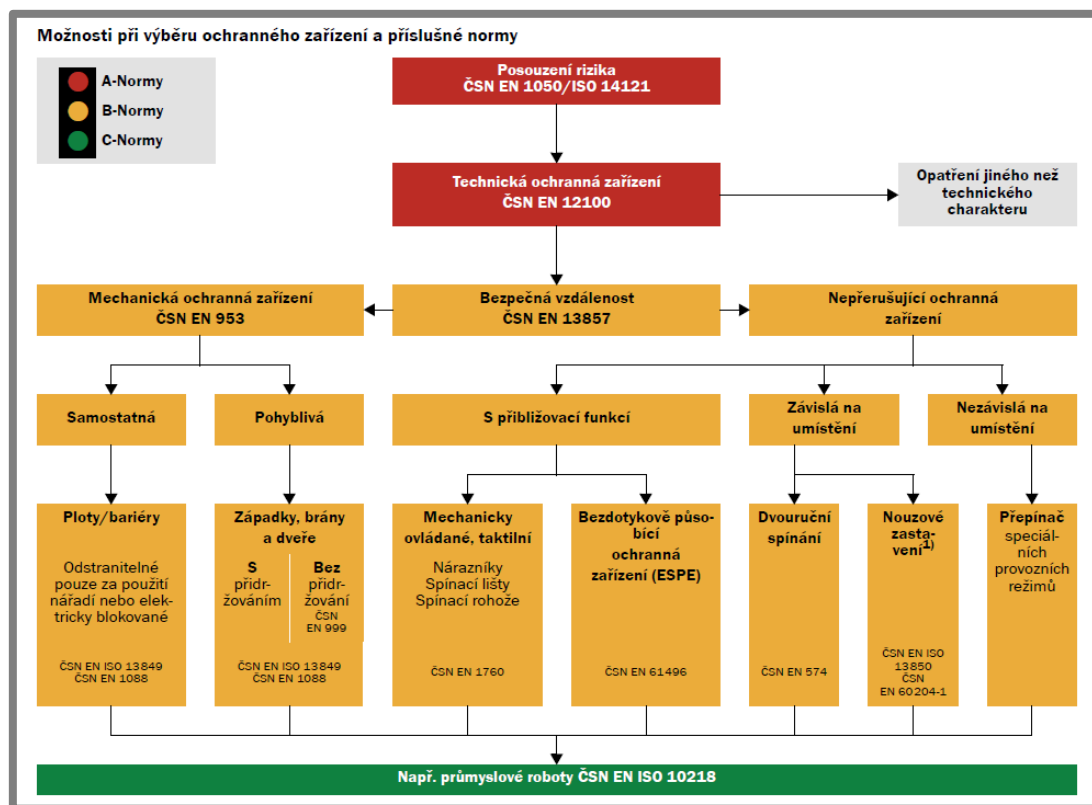
1.5 Bezpečnost strojů**Obecné pojednání**

Bezpečnost jednoúčelových strojů je v poslední době ve vyspělých zemích velice důležitá problematika, ve které se pojednává o bezpečnostních opatřeních stroje, i komponent obsažených ve stroji, aby se zamezilo kolizi mechanického pohybu s lidskou obsluhou stroje. Se zabezpečením jednoúčelového stroje je potřeba se zabývat již v počáteční konstrukci stroje, protože plno bezpečnostních rizik lze vyřešit vhodnou úpravou součástí, nebo jejich zakrytím. Ne všechny bezpečnostní rizika se dají takto snadno vyřešit, poté je potřeba použít elektronické komponenty pro zabezpečení stroje. Takovýto typ zabezpečení je potřeba zmínit v předané dokumentaci a na štítcích strojů [13].

Rozdělení bezpečnostních norem

Do kategorie nejznámějších bezpečnostních norem momentálně spadá norma ČSN EN ISO 13849 A ČSN EN 620 061. K návrhu jednoúčelového stroje je potřeba použít řadu dalších norem, přičemž tyto normy mohou být v určitých situacích přednější než výše zmíněné 2 nejznámější. Normy především pojednávají o základním posouzení bezpečnostního rizika, či snížení potencionálního rizika vhodnou úpravou počáteční konstrukce.

Pro lepší přehlednost lze všechny bezpečnostní relevantní normy a standardy rozdělit do tří na sebe navazujících skupin podle jejich důležitosti viz obr. 6 [13].



Obr. 6 Rozdělení typů norem [13]

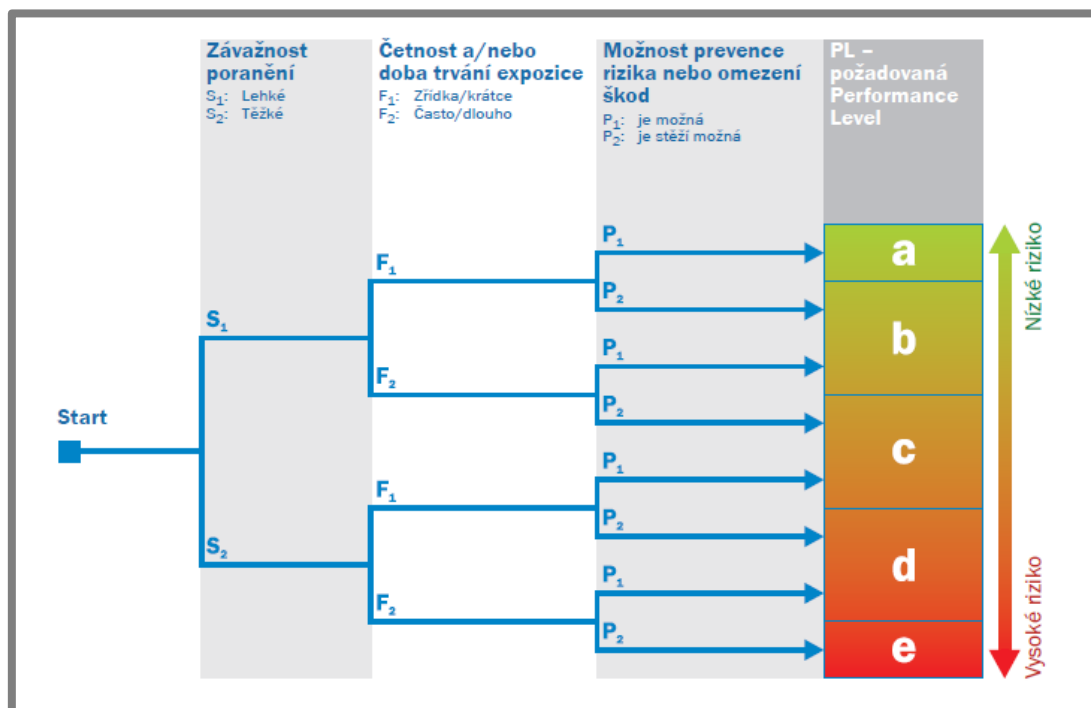
Tab.2 Přehled tříd norem [13]

Třída	Popis
A-norma	Základní bezpečnostní normy
B-norma	Skupinové bezpečnostní normy
C-norma	Speciální bezpečnostní normy pro stroje

Výběr cílové bezpečnostní skupiny

Bezpečnostní úroveň jednoúčelových strojů vychází zpravidla v C-normách, viz tab. 2. Vybranou bezpečnostní úroveň je potřeba sestavit pro každou bezpečnostní funkci zvlášť, norma ale poté platí pro všechny navázané přístroje jako mohou být senzory, stykače, nebo vyhodnocovací logická jednotka. Může taky nastat situace, kdy není k dispozici žádná C-norma pro daný jednoúčelový stroj. V takovém případě je potřeba se řídit jednou z nadřazených norem: ČSN ISO 13849-1:2006, nebo ČSN EN 62 061:2005 [14].

„Použitím norem je zajištěno, že náklady na realizaci budou v přiměřeném poměru ke stanovenému riziku.“ [14] Obsluha, která obsluhuje lis, vyžaduje přísnější bezpečnostní posouzení oproti obsluze, která obsluhuje stroj, u kterého může dojít maximálně k lehkému poranění typu skřípnutí, viz obr. 7 [14].



Obr. 7 Graf pro volbu požadované třídy bezpečnosti [14]

2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

2

2.1 Požadavky na zařízení

2.1

Při konstrukci je potřeba v první řadě vyhovět požadavkům zákazníka. Jednouúčelový stroj má být schopen vyrobit stovky tisíc kusů ročně při třisměnném provozu, přičemž jeden díl má být zhotoven řádově mezi 20-25 sekundami. Stroj musí vydržet aktivní používání po dobu deseti let. Poskytování náhradních dílů musí být zaručeno po dobu 15 let. Dále musí být zaručena 95 % disponibilita dle hodnoty jmenované pod dobou taktu, na správně smontované díly. 100 % disponibilita musí být zaručena po 30 pracovních dnech. Celkové efektivita výroby nesmí klesnout pod hranici 85 % a v neposlední řadě musí jednouúčelový stroj splňovat disponibilitu +15 % z celkového ročního objemu výroby [15].

2.2 Konstrukční omezení.

2.2

Rám

Rám zařízení je zhotoveno pomocí svařených profilů, nebo hliníkových profilů. Pokud je rám složen z hliníkových profilů a stroj je na délku, nebo šířku delší než 1,5m je potřeba volit profil 90x90mm (například Bosch) na krajní sloupy z důvodů zajištění tuhosti a stálosti konstrukce. Profily Bosch, nebo Alutec K&K musí být taky opatřeny šedou lištou z vnějších stran.

Rám musí být z vrchní strany krytý PVC deskou, nebo plechem, taky žádné zařízení nesmí vyčnívat mimo rám (pokud se nejedná například o vibrační předzásobník).

Místo, kde obsluha bude zakládat díly, musí být opatřeno bezpečnostními dveřmi, nebo světelnou závorou, aby nedošlo k poranění obsluhy.

Servisní dveře umístěné v rámu nesmí být delší než 500 mm, pokud není jinak specifikováno. Je to z důvodu těsné zástavby. Pokud dojde k otevření bezpečnostních dveří, musí dojít k nouzovému vypnutí [15].

Základová deska

Základová deska strojů musí být dostatečně tuhá, aby nemohlo dojít k jakýmkoliv vibracím, průhybům, nebo podobným deformacím. Dále je potřeba základovou desku umístit do výšky 950-1050 mm. Tato výška může být ve speciálních případech v jiném rozmezí [15].

Další požadavky

- V oblasti optických čidel, nebo senzoriky musí být dostatečné odstínění okolního světla.

- Čidla a senzorika musí být opatřena konektorem, nesmí být použita optická vlákna.
- Normalizované díly jako šrouby, či matice musí být opatřeny povrchovou úpravou (zinek) a stupeň pevnosti musí být nejméně 6.
- Nutnost využívat díly a komponenty, které jsou z hlediska technických parametrů dostupné po celou dobu chodu stroje.
- Pohyblivé pneumatické hadice a elektrické kabely je nutno chránit před opotřebením, například použitím energetických řetězů.
- Každou pracovní stanici je potřeba osvětlit světlem o intenzitě okolo 500 Lux. Barva světla musí mít teplotu chromatičnosti 5000-5500 K. Světelný zdroj nesmí oslňovat obsluhu.
- Vodicí kolíky, montážní úchytky a podobné příslušenství které slouží k upevňování opracovaných součástí je potřeba zhotovit z oteruvzdorného materiálu, případná výměna musí být rychlá a jednoduchá a přesná.

2.3 Náhradní díly

Pokud se na jednoúčelovém stroji nachází díl s omezenou životností, je potřeba zhotovit manuál, kde bude uvedeno kolik náhradních dílů je potřeba držet skladem, nebo udat přibližnou životnost součástí.

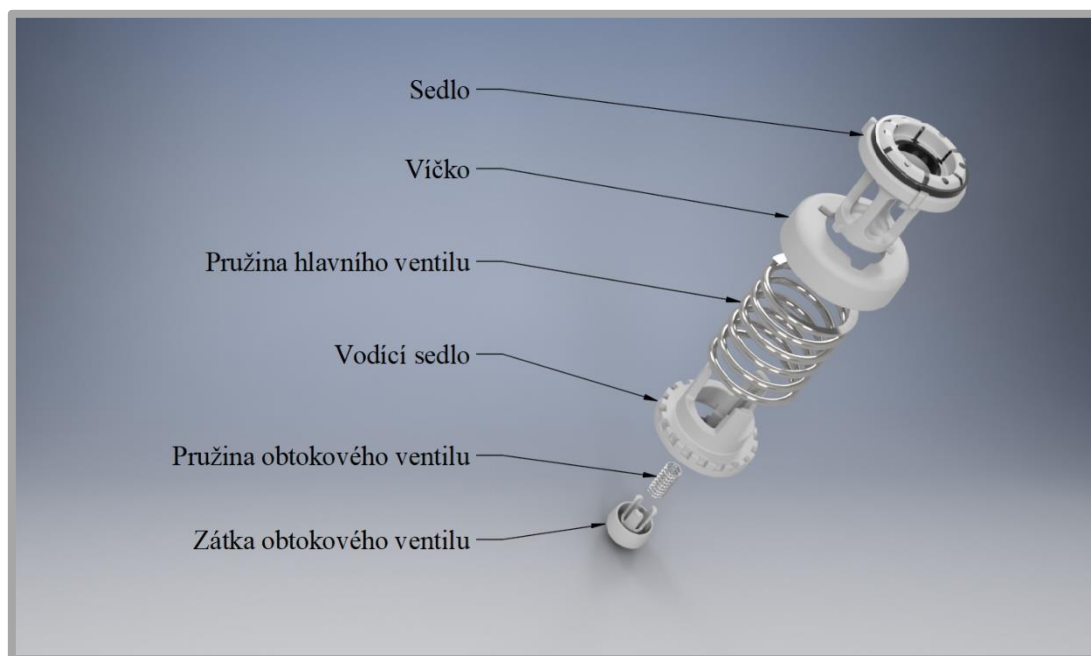
Dále je nutné dodat 3 kusy náhradních dílů společně se zařízením. Zároveň je potřeba dodat výkres a 3D model součásti pokud se jedná o nenormalizovaný díl [15].

2.4 Cíl práce

Cílem bakalářské práce je zhotovit jednoúčelový stroj pro kompletaci termostatu, viz obr. 8, který bude splňovat všechny požadavky zákazníka jako je například výrobní čas, zástavbové rozměry, nebo orientace stroje a nebude v rozporu s konstrukčním omezením.

Dílčí cíle:

- Identifikace parametrů zařízení
- Návrh montážního postupu
- Konstrukce zařízení



Obr. 8 Termostat – rozložený stav

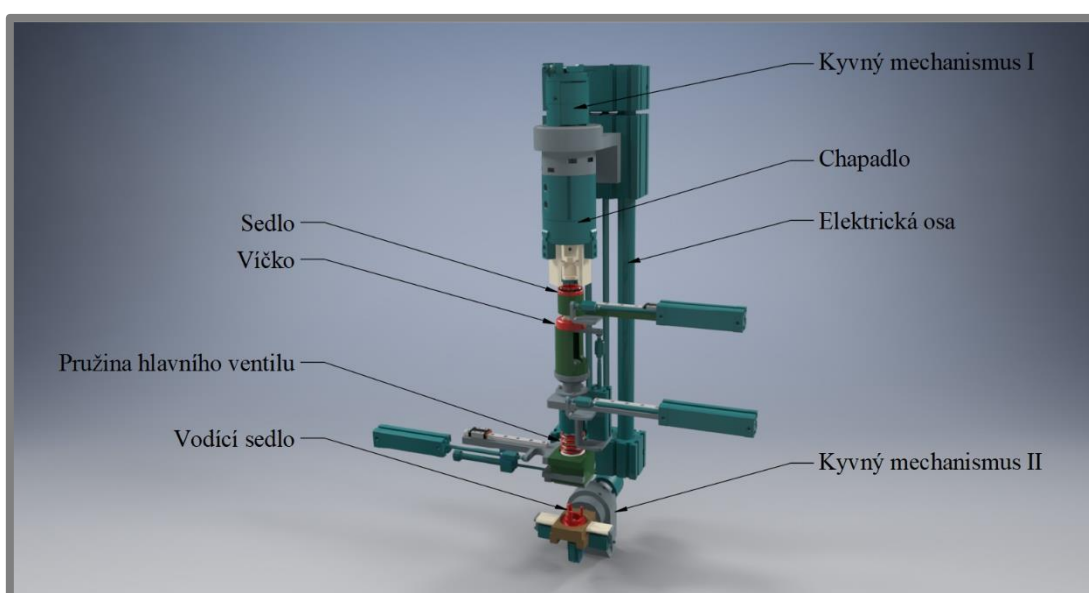
3 KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ

Řešení se musí řídit požadavky, které jsou vypsány v minulé kapitole, zároveň je potřeba se při návrhu součástí vyhnout zbytečným složitostem a eliminovat tak nákladnou výrobu, nebo složitou kompletaci.

Celkem byly vytvořeny tři na sebe navazující návrhy. Poslední návrh byl poté zkonstruován a vyroben.

3.1 První návrh

První možnost kompletace dílů termostatu je, že lůžka, do kterých se usadí patřičné komponenty (vyznačeny červeně) se ustaví do jedné osy, kde kompletace probíhá z vrchu dolů, viz obr. 9.



Obr. 9 Mechanismus pro kompletaci termostatu – první návrh

Jako první, chapadlo uchopí sedlo, které následně zapasuje do víčka pomocí kyvného a translačního pohybu. Mezitím je pružina hlavního ventilu usazena pomocí volného pádu na vodící sedlo. Poté chapadlo znovu uchytí sedlo a víčko, tentokrát za víčko a pomocí translačního pohybu spojí díly dohromady s pružinou hlavního ventilu a vodícím sedlem. O pohyb v ose Y se stará elektrická osa, která může přesně zastavit v libovolných pozicích. Zároveň má dostatečnou sílu a tuhost k překonání odporu vzniklého pružinou hlavního ventilu. Vodící sedlo je uloženo v lůžku s přídržovačem, které koná kyvný pohyb. Tím je docíleno, že po kompletaci dílů se sestava otočí o 90° a dojde ke kompletaci pružiny obtokového ventilu se zátkou obtokového ventilu do vodícího sedla (nejdou součástí sestavy).

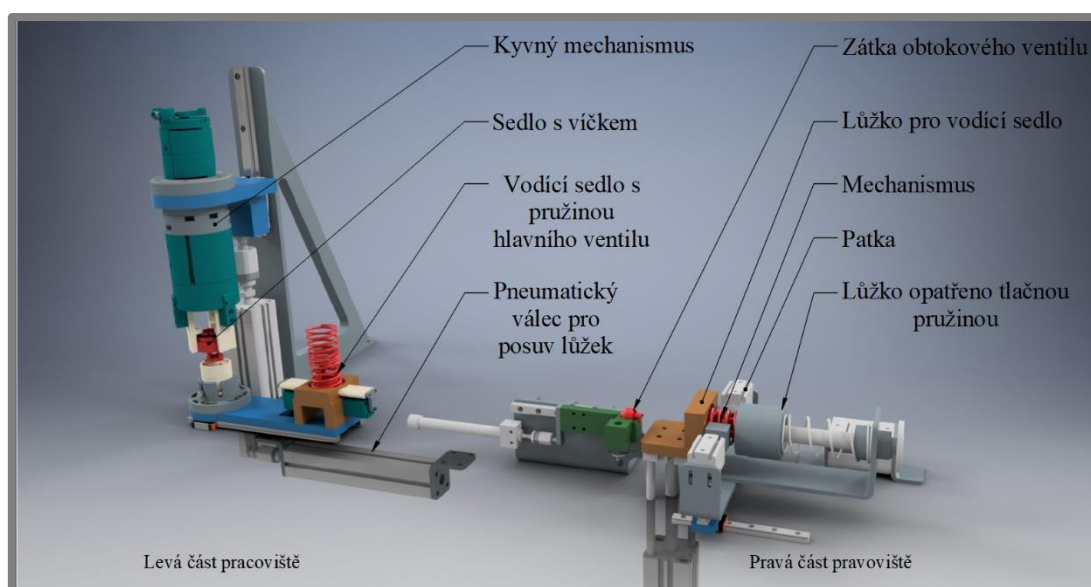
Důvod zvolení tohoto principu sestavení spočívá v minimálním počtu použitých pneumatických a elektrických mechanismů. Také při vhodném uspořádání lůžek, do kterých patří uložit jednotlivé komponenty lze minimalizovat posuvy pro kompletaci sestavy a tím docílit krátkých výrobních časů při výrobě. Další výhody spočívají v „jednodušší“ pevnostní analýze, kde je potřeba navrhnout elektrickou osu v ose Y, oba kyvné mechanismy a horní chapadlo.

Důvodů proč se tento návrh neujal je více. Mezi nejzávažnější patřil fakt, že pracovní desku je potřeba mít ve výši 950–1050 mm, jinak není dosaženo optimální ergonomie, což v případě svislého umístění mechanismu není možné. Taký se zákazníkovi úplně nelíbí pozice lůžek. U stávajících strojů je zvykem, že lůžka jsou, pokud možno umístěny v jedné rovině, z toho vyplývá komplikované uspořádání lůžek pro obsluhu. V neposlední řadě si zákazník přeje rozdělit kompletaci termostatu na dvě nezávislé operace, kde očekává nižší výrobní časy. Proto je potřeba zhotovit nový návrh vyhovující zákazníkovi.

3.2 Druhý návrh

3.2

Druhý návrh se téměř shoduje s finálním provedením. Skládání součásti se rozděluje na dvě pracoviště, viz obr. 10.



Obr. 10 Mechanismus pro kompletaci termostatu – druhý návrh (skrytá pracovní deska)

V levém pracovišti se složí dohromady vodícího sedlo, sedlo, víčko a pružina hlavního ventilu. Obsluha do jednoho lůžka založí sedlo s víčkem již zapasované dohromady. Do druhého lůžka obsluha vloží vodící sedlo a na něj pružinu hlavního ventilu. Kyvňý mechanismus uchopí víčko se sedlem a nadzvedne jej, aby se zde mohlo přesunout sedlo s pružinou hlavního ventilu. Následně se všechny díly zapasují do sebe.

V druhé operaci je potřeba připojit k mechanismu z levého pracoviště pružinu obtokového ventilu a zátku obtokového ventilu. Mechanismus z levého pracoviště se uloží do vodorovného lůžka, které je z jedné strany přitlačováno pružinou. Pružinu musí obsluha při vkládání natáhnout. Do druhého lůžka je potřeba založit zátku obtokového kanálu a do ní pružinu obtokového ventilu.

Obě lůžka jsou vhodně tvarované, aby se zátku obtokového ventilu mohla vhodně ustavit vůči vodícímu sedlu a předejít tak problémům při kompletaci. Při kompletaci se mechanismus uchytlí dvěma patky a lůžko pro vodící sedlo odjede do

druhé polohy. Následně se může pokračovat v kompletaci vodícího sedla s pružinou obtokového ventilu a zátkou obtokového ventilu.

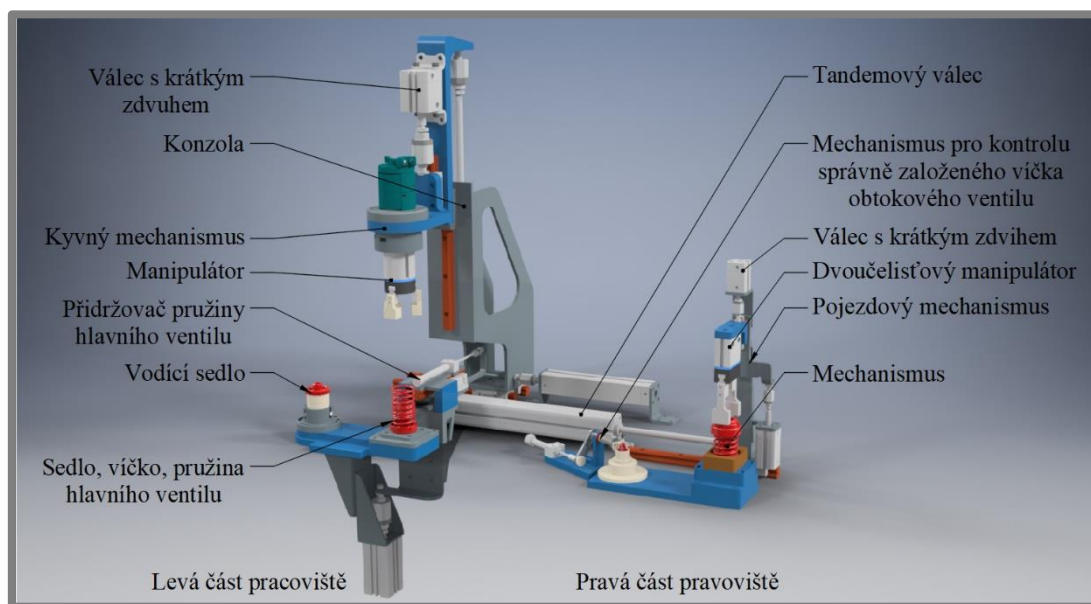
I v tomto návrhu se vyskytují nedostatky, které je potřeba odstranit. V první řadě upravit lůžka v pravém pracovišti, kde se zákazníkovi nelíbí jejich koncepce, konkrétně vodorovné ustavení lůžek. Do lůžka se vkládá zátku obtokového ventilu s pružinou obtokového ventilu a je zde vysoká pravděpodobnost, že pružina obtokového ventilu při zakládání vypadne. Také se zákazníkovi nelíbí patky, které se opírají o pružinu hlavního ventilu, a proto se musí pozměnit uložení mechanismu zhotoveného v levém lůžku.

V levém pracovišti při kompletaci vodícího sedla se sedlem je u jiného stroje problém, že pružina hlavního ventilu, která byla přitlačena na víčko při otočení vytváří otřep, nebo také může dojít k zaseknutí. Tato vada není přípustná, proto je potřeba navrhnout patřičné opatření, aby nemohl tento problém nastat.

3.3

3.3 Třetí návrh

Ve třetím návrhu je znázorněno kompletní seskupení mechanismů na pracovním stroji. V tomto návrhu došlo ke změnám v obou základacích lůžkách, viz obr. 11.



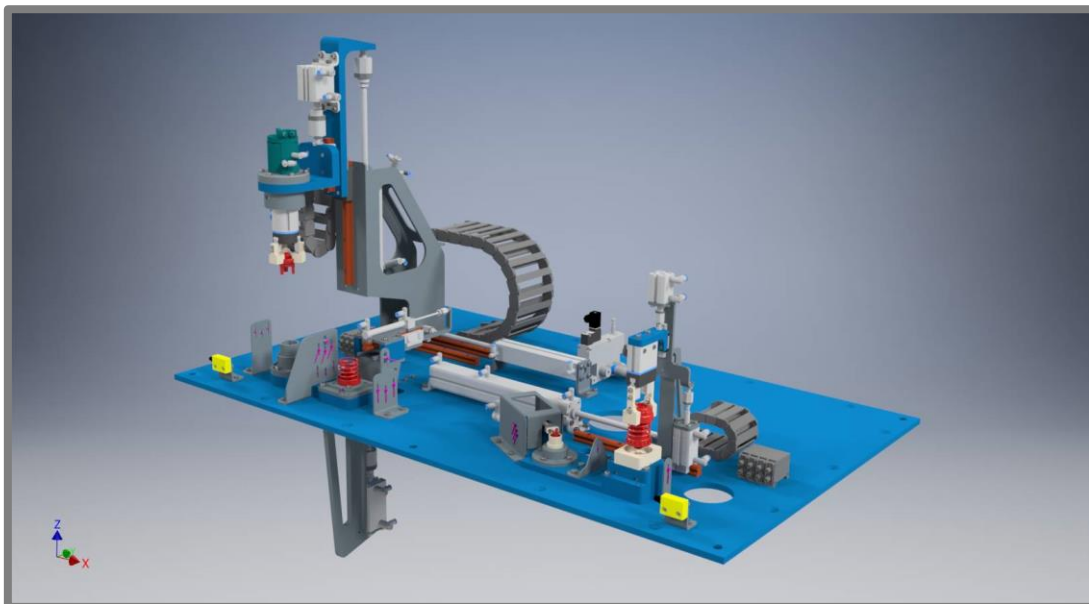
Obr. 11 Mechanismus pro kompletaci termostatu – třetí návrh (skrytá pracovní deska)

V levém pracovišti se zaměnili lůžka. To znamená že manipulátor umožňující kyvný pohyb jako první uchopí vodící sedlo, přejede do správné polohy a zapasuje se dohromady se sedlem na který obsluha usadí víčko a pružinu hlavního ventilu. K tomuto mechanismu je také přidán další pneumatický válec s krátkým zdvihem pro kontrolu správné kompletace dílů. Při zalisování vodícího sedla se sedlem, válec s krátkým zdvihem párkrát stlačí pružinu a zkontroluje, zdali se mechanismus vrátí do správné polohy. Poslední změna spočívá v přidání posuvu na konzoli, která drží manipulátor. Zakládací lůžka tak mohou být nyní pevně spojeny se základovou deskou a případně potřeby se mohou snadněji ustavit, nebo vyměnit.

V pravém pracovišti se lůžka otočila z vodorovné polohy do svislé. Taký se přidal pojezdový mechanismus s chapadlem pro možnou manipulaci s mechanismem a následnou kompletací s pružinou včetně zátky obtokového ventilu. Pojezdový mechanismus je taky vybaven válcem s krátkým zdvihem, pro kontrolu správného složení termostatu, pomocí stlačení pružiny obtokového ventilu. V neposlední řadě je pojezdový mechanismus opatřen tandemovým válcem pro nastavení tří pracovních poloh, aby kompletace mohla být rychle dokončena. Na závěr se na pracovní stůl umístil mechanismus kontrolující správné založení zátky obtokového ventilu.

Třetí návrh odsouhlasil zákazník, takže komponenty umožňující kompletaci termostatu již dále nebudou měněny. Tento návrh je podrobněji představen v konstrukčním řešení.

4 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ



Obr. 12 Finální podoba pracovní desky

V konstrukčním řešení je podrobně popsána třetí varianta viz koncepční řešení. Tato varianta je potřeba doladit, aby jednoúčelový stroj byl funkční.

Je zapotřebí doplnění různých senzorů, aby se mohl řídit chod jednoúčelového stroje. Také je nutné přidat energetické řetězy, nebo upravit jednotlivé díly viz obr. 12. Tyto úpravy zajistí funkčnost a spolehlivost jednoúčelového stroje i při náročných výrobních podmínkách. Dále je potřeba také navrhnout rám, do kterého se usadí nejen pracovní deska, ale také bedny na zmetkové díly, osvětlení, spouštěcí tlačítka a další potřebné komponenty.

4.1 Volba materiálu

Každý díl, který je použit na jednoúčelovém stroji, je potřeba tvarově navrhnout tak, aby splňoval požadovanou funkci a byl jednoduše vyrobitelný. Zároveň je nutné brát ohled na materiál, poněvadž každý materiál má své specifické vlastnosti.

Volbou vhodného materiálu můžeme ovlivnit například kluzné vlastnosti, tuhost, nebo tvrdost. V tab. 3, 4 jsou vypsány materiály, které jsou použity na jednoúčelovém stroji.

Tab. 3 Přehled plastových konstrukčních materiálů [16]

Materiál	Provozní teplota [C°]	Kluzná rychlost [m/min]	Tlak na plochu [N/mm ²]
Zedex	-150 až 70	0-100	Až 25

Tab. 4 Přehled kovových konstrukčních materiálů [16]

Materiál	Tuhost [MPa]	Tvrdost [HB]	Re [MPa]	Rm [MPa]
S 235 JR+N	207 000	Max. 225	186	340 - 440
90MnCrV8	207 000	55-62 HRC	2200-3000	4300
EN AW 5083	71 700	75	125	275-350

Ocel S 235 JR+N

Konstrukční ocel S 235 JR+N je využita z důvodu nízké ceny, vysoké tuhosti, dobré svařitelnosti a také dobré obrobiteľnosti. Ocel se například využívá na konstrukci rámu držících pneumatické válce, kde dochází vlivem zatěžování k míjivému, nebo cyklickému namáhání. Největší nevýhoda ocele je tendence podléhat korozi a má vysokou hmotnost. Taktéž všechny díly je nutné opatřit povrchovou úpravou, například černěním. Díly, které jsou mechanicky namáhány je potřeba pozinkovat, aby byla zaručena příčinná ochrana proti korozi.

Ocel 90MnCrV8

Nástrojová ocel 90MnCrV8 má vysoký obsah uhlíku, což je výhodné z hlediska tepelného zpracování. Ocel po kalení dosahuje vysoké tvrdosti, také není tak náchylná ke korozi jako oceli nižších tříd vyjma nerez ocelí. Důvod, proč je tato ocel volena pro tepelné zpracování je především to, že při tepelném zpracování dochází pouze k malým deformacím finálních rozměrů. Proto není potřeba následné opracování ploch, u kterých je nutné dodržet vysoké přesnosti. Také není nutnost ocel cementovat, což se při kusové výrobě snižuje cenu. Mezi nevýhody této oceli patří horší svařitelnost a také pokles tvrdosti, pokud se ocel zahřeje nad 150°C, v našem případě bude ocel v prostředí s okolní teplotou 20°C.

EN AW 5083

Hliníková slitina EN AW 5083 je dobře obrobiteľný materiál odolný vůči korozi. Oproti konstrukční oceli má nižší tuhost, pevnost a také tvrdost. Je ovšem mnohem lehčí, proto je vhodné hliníkovou slitinu využít na rozměrné, málo namáhané díly jako jsou například pracovní desky a rám. Další výhoda spočívá v opracování čelních stran desky frézováním. Výsledný povrch má zvýšenou geometrickou přesnost a dobře vypadá i po estetické stránce.

Zedex

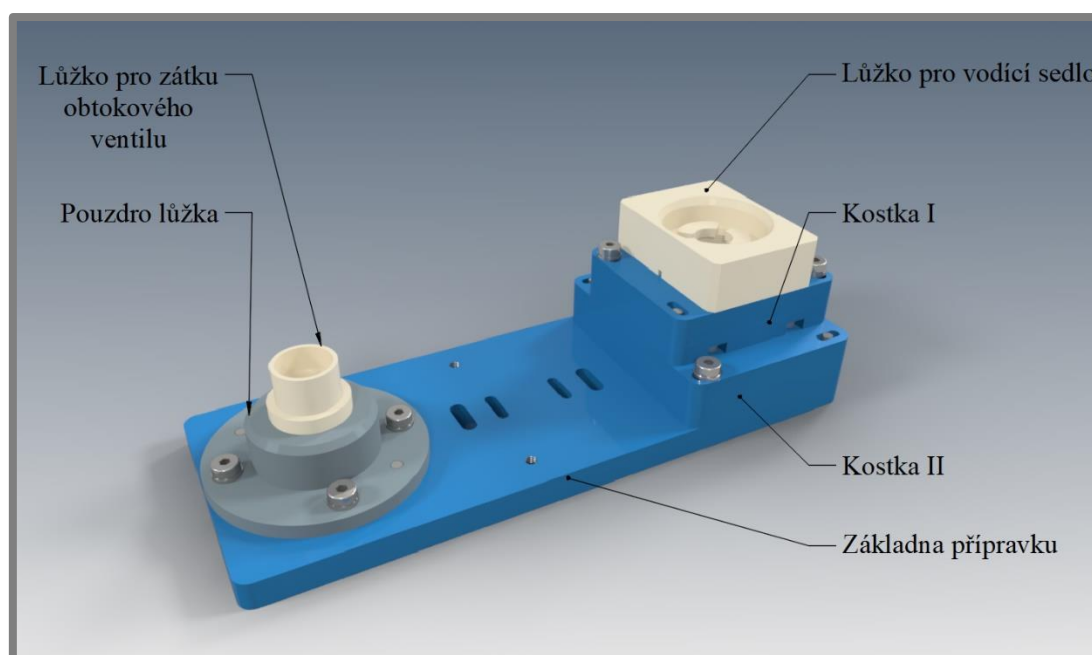
Zedex je obchodní název konstrukčního plastu. Tento plast vyniká výhodami jako je nízké tření, chemická odolnost, nebo odolnost vůči rázům a opotřebení. Zedex má široký rozsah pracovních teplot, ale to není v našem případě důležitá vlastnost. Využívá se především jako materiál pro kluzná pouzdra. Taky můžeme tento materiál použít tam, kde nesmí dojít k poškrábání finálního výrobku, například při uchopení

4.2 Konstrukce dílů

Konstrukce lůžek

Do lůžka se opakovaně zakládá díl, který se následně zkompletuje s jinými díly, viz obr. 13. Proto je nutné lůžko zhotovit z otěruvzdorného materiálu, aby nedošlo k předčasnému opotřebení.

Samotné lůžko se poté nemůže připevnit přímo na základní desku, protože je potřeba umožnit posunu lůžka v různých směrech. Posun lůžka je potřebný, protože se zakládá plastový díl a jeho rozměrové tolerance obsahují velké odchylky. Také může nastat situace, že v průběhu výrobního cyklu dochází k výměně, nebo opravě formy pro vstřikovací lis a s ní spojenou změnou rozměrů zakládaných dílů. Lůžko poté stačí znovu ustavit vůči ostatním prvkům, což je časově méně náročné než upravovat kalená lůžka.



Obr. 13 Základna přípravku s lůžky pro obtokový ventil a vodící sedlo

4.3 Pneumatické komponenty

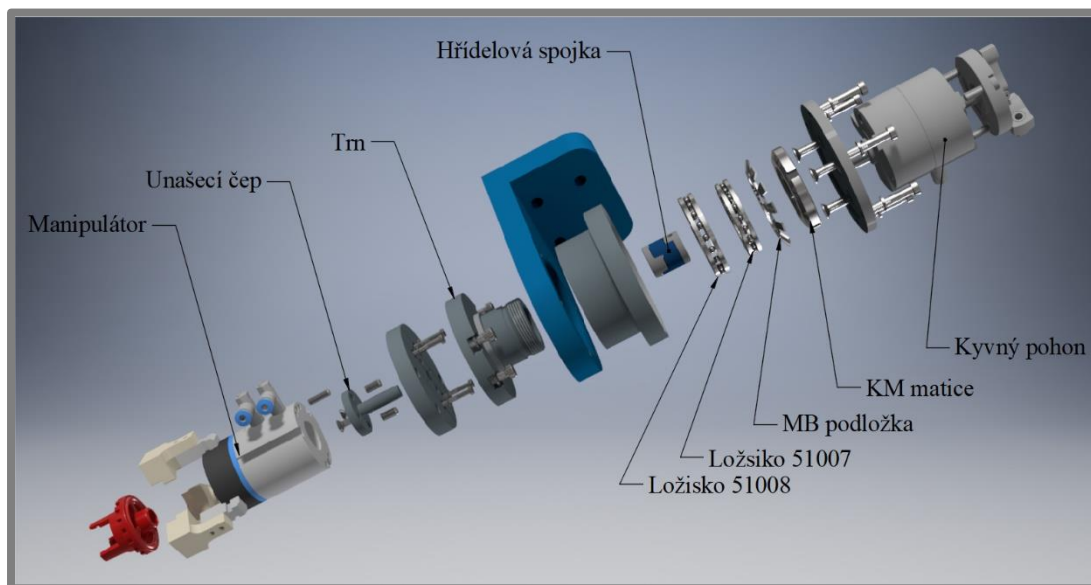
Pneumatické komponenty na stroji jsou od firmy Festo. Do kategorie pneumatických komponent spadá mnoho prvků jako je šroubení, ventilový terminál redukční ventil, nebo úprava vzduchu.

Když použijeme pneumatický válec, je nutné válec opatřit šroubením, abychom mohli k válci napojit hadice pro rozvod vzduchu, případně regulovat průtok. Když potřebujeme redukovat sílu kterou je schopen válec vyvinout, použijeme redukční ventil. Následně tyto komponenty připojíme společně se senzory do ventilového terminálu, pomocí kterého můžeme pneumatické mechanismy ovládat. Je taky potřeba jednoúčelový stroj opatřit zařízením, které čistí vzduch, aby se do oběhu nemohly dostat nečistoty a vlhkost.

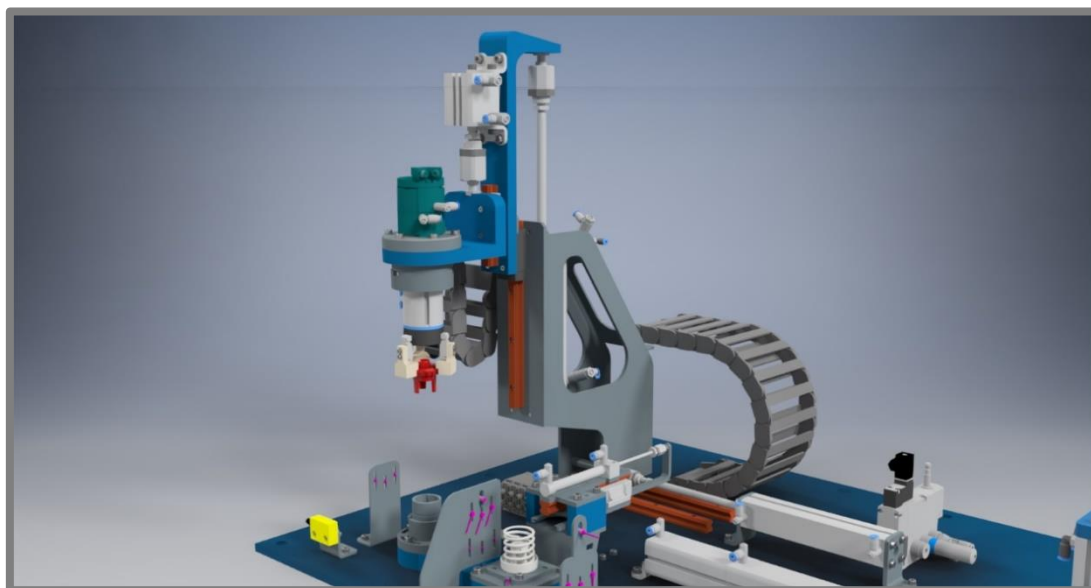
V následující kapitole je popsán konstrukční návrh kyvného mechanismu a volba pneumatických mechanismů. Na obr. 14 je kyvný mechanismus v rozloženém stavu pro názornou ukázkou všech komponent, které obsahuje. Na obr. 15 je složený kyvný mechanismus zobrazen v poloze kdy odebral vodící sedlo z prvního lůžka v levé části pracoviště. Vodící sedlo následně zapasuje se sedlem viz kapitola 3.3.

4.4 Konstrukce kyvného mechanismu

4.4



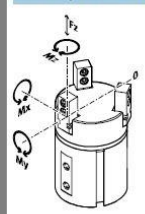
Obr. 14 Kyvný mechanismus



Obr. 15 Kyvný mechanismus – složený stav

Volba chapadla

Chapadlo musí dlouhodobě odolávat silám které vznikají při deformaci pružiny, také musí zachytit krouticí moment potřebný při lisování sedla do vodícího sedla. Na základě výše zmíněných parametrů je proto potřeba vybrat dostatečně tuhé chapadlo, přičemž síla stisku není až tak podstatná.

Hodnoty zatížení čelistí				
		Uvedené přípustné síly a momenty se vztahují na jednu čelist. Zahrnují rameno páky, dodatečnou tíhu výrobku příp. externích palců chapadla a síly vznikající od zrychlení během pohybu.		Pro výpočet momentu je nutné vzít v úvahu počátek systému souřadnic (bod otáčení čelisti).
velikost		16	32	50
max. přípustná síla F_z	[N]	50	150	250
max. přípustný moment M_x	[Nm]	2	9	24
max. přípustný moment M_y	[Nm]	2	9	24
max. přípustný moment M_z	[Nm]	2	9	24

Obr. 16 Graf zobrazující dovolené zatížení čelistí chapadla [17]

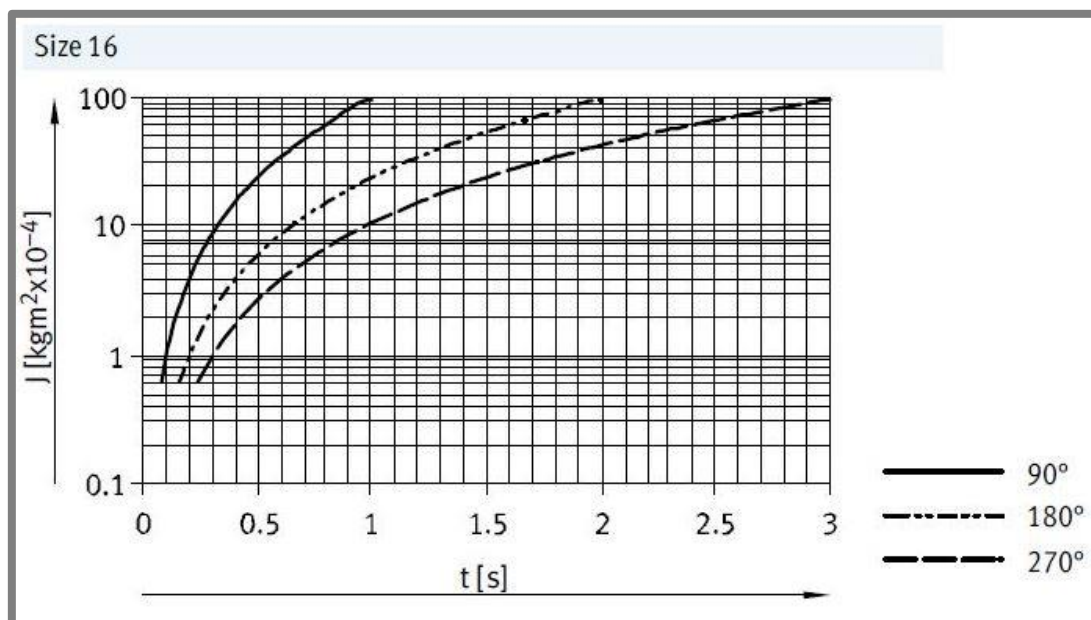
Na obr. 16 jsou zobrazeny všechny tři typy tříčelistových chapadel a síly s momenty, které mohou působit na jednotlivé čelisti. Jelikož bude potřeba překonat sílu 236 N je vhodné volit tříčelistové chapadlo velikosti 32.

Volba kyvného pohonu

Kyvný pohon je zařízení umožňující rotační posuv o určitý úhel. Při tomto posunutí generuje pohon konstantní krouticí moment. U kyvného pohonu je také potřeba brát v potaz moment setrvačnosti mechanismu se kterým bude otáčet. Když použijeme silnější kyvný pohon, můžeme rotovat s těžšími mechanismy, nebo rychleji se stejně těžkýma oproti slabším pohonům.

Obr. 17 zobrazuje závislost momentu setrvačnosti na času potřebném pro otočení o určitý úhel. Konkrétně pro kyvný pohon velikosti 16 generující krouticí moment o velikosti 2 Nm. Mechanismus, který se otáčí má moment setrvačnosti $5,96 \times 10^{-4} \text{ kg} \cdot \text{m}^2$, čas potřebný pro otočení o 90° je 0,3 s. Tento pohon byl zvolen z důvodu velkého kroutícího momentu, který lze v případě potřeby regulovat. Každý díl se může lehce tvarově lišit a tím ovlivnit i sílu potřebnou pro zalisování sedla a vodícího sedla. Při použití silnějšího pohonu stačí použít škrtící ventil pro zpomalení pohybu, nebo redukční ventil pro snížení tlaku vzduchu a tím si přímo optimalizovat chod mechanismu.

Ke kyvnému mechanismu je také přidán doraz DADP-ES-Q12-16, který je opatřen tlumiči. Doraz slouží k přesnému nastavení koncových poloh a společně s tlumiči činí zařízení méně hlučné a trvanlivější.



Obr. 17 Graf zobrazující závislost setrvačného momentu na času a úhlovém natočení [17]

Volba hřídelové spojky

Hřídelovou spojku použijme od firmy Misumi. Na výběr máme tři typy, přičemž každá spojka je určená pro odlišný pohon a má odlišnou konstrukci viz obr. 18.

Typ	Parametry spojky			Motor		
	Nulová vůle	Vysoký krouticí moment	Připustné příčné vychýlení Připustné úhlové vychýlení	Servo	Krokový motor Kompaktní servo	Univerzální
Disk	++	++	+	++	+	--
Oldham	--	++	++	--	--	++
S proříznutím	++	+	+	+	++	--

++: velmi dobré, +: dobré, --: velmi špatné

Obr. 18 Tabulka pro volbu hřídelové spojky [18]

Jelikož se jedná o pneumatický kyvný pohon, dle tabulky je potřeba zvolit typ spojky Oldham. Tako křížová spojka dokáže přenést velký krouticí moment při malých rozměrech a není příliš náchylná na příčné a úhlové vychýlení. Další výhoda spočívá v rozdělení spojky 3 částí, což zjednoduší následnou kompletaci mechanismu. Tato spojka má i své nevýhody, konkrétně spojka nedisponuje nulovou vůlí. Proto se jedná o experimentální řešení, kde je možná výměna za spojku s proříznutím.

Z tabulkových hodnot je vybrána spojka typu CPO 25-8-8, která dokáže přenést krouticí moment 2 Nm a rozměrově odpovídá parametrům výstupní hřídele kyvného pohybu velikosti 16.

Volba ložisek

Ložiska jsou potřebná pro snížení tření při rotačním pohybu a také pro eliminaci radiálních vůlí. Pro kyvný mechanismus, viz obr. 14, jsou použity axiální kuličkové ložiska jednořadá. Ložiska by měli vydržet v provozu 85 000 hodin viz kapitola požadavky na zařízení. Vzhledem k faktu, že ložiska byly voleny podle zástavbových rozměrů, viz tab. 5, tak ložiska jsou předimenzovaná.

Tab.5 Parametry kuličkových ložisek axiálních [16]

Ložisko	Norma	Stat. únosnost [kN]	Dyn. únosnost [kN]
51007	CSN 02 4730	40,5	17,4
51008	CSN 02 4730	55	23,4
Zatěžující síla je 236 N (zatížení generované pružinou)			

$$L_{10} = \left(\frac{C_D}{P} \right)^a = \left(\frac{23,4}{0,236} \right)^3 = 974\,971h \quad (1)$$

kde:

L_{10}	h	je	životnost
C_D	kN	-	dynamická únosnost
P	kN	-	zatěžující síla
a		-	koeficient pro kuličková ložiska

Životnost ložisek vyšla podle vzorce (1) enormní, ovšem jedná se pouze o dvě ložiska a cena v tomto případě není rozhodující faktor.

Ložiska se následně předepnou pomocí KM matice s MB podložkou, pro eliminaci vůlí v mechanismu.

4.5

4.5 Senzorika

Každý pneumatický pohon použitý v jednoúčelovém stroji je potřeba řídit. Jelikož provozní látka je vzduch, musíme hlídat alespoň koncové polohy pohonu, aby nedošlo ke kolizi s ostatními zařízeními. Je také nutné kontrolovat správné založení dílů, odkládání dílů, nebo hlídat neoprávněný přístup do stroje a použití moderních senzorů je nejlepší volba pro kontrolu zmíněných požadavků.

Festo senzory

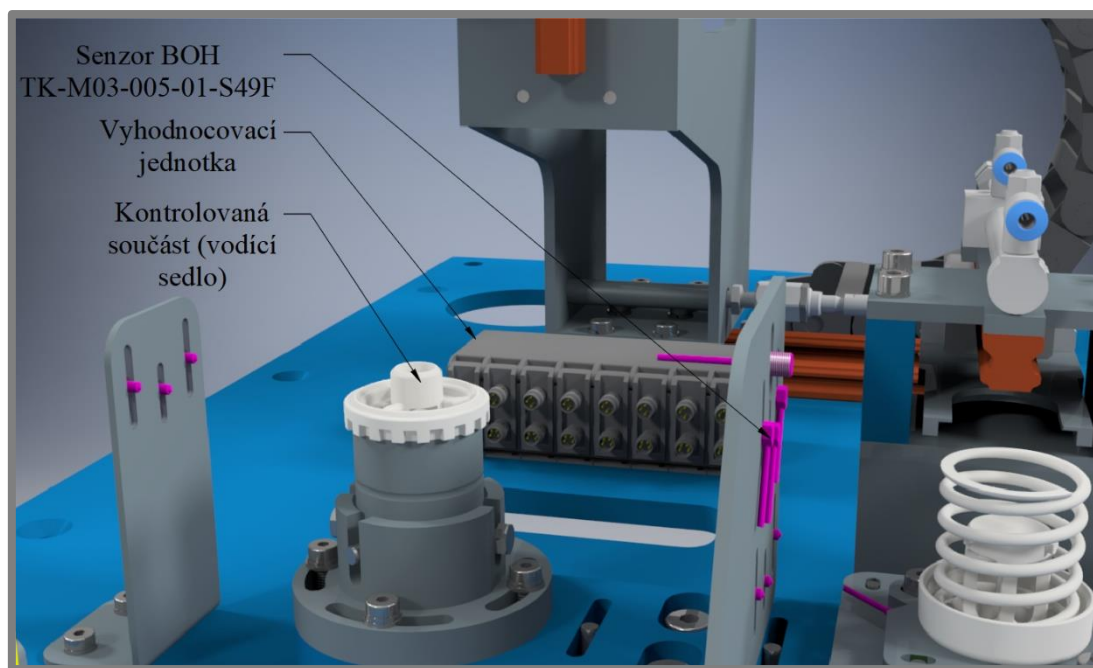
Senzory od firmy Festo se používají na pneumatických a elektrických pohonech téže firmy. U pneumatických pohonů se povětšinou používají dva koncové snímače, pokud je ale potřeba sledovat celý chod válce, používají se snímače typu SMAT, které snímají magnetické pole pístnice a díky tomu dokážou odměřovat přesnou vzdálenost pístnice ve válci. Tyto senzory jsou obzvláště vhodné pro kontrolu správné hloubky zalisování, nebo dobrého utažení šroubu (kontrolujeme výšku hlavy šroubu).

Balluff senzory

Senzory od firmy Balluff se používají pro kontrolu vyráběné součásti. Pomocí různých typů snímačů, můžeme kontrolovat různé parametry. Můžeme například kontrolovat rozměrovou stálost, správné usazení, počet vyrobených kusů, množství zmetků, nebo text vyznačený na součásti. Ke kontrole zmíněných parametrů je potřeba různých typů senzorů. Můžeme použít kamery, snímače typu vysílač-přijímač, senzor s odrazkou, senzor s potlačeným pozadím (může odměřovat i vzdálenost) a mnoho dalších typů.

V jednoúčelovém stroji určeného ke kompletaci termostatu se nejvíce využívají senzory typu vysílač-přijímač. Tyto senzory jsou z ekonomického hlediska nejlepší volba pro kontrolu správně založených dílů, nebo přítomnosti jednotlivých dílů. Pro kontrolu zmetkových kusů jsou použity senzory s odrazkou, protože zde stačí přerušit signál a řídicí jednotka to již počítá jako zmetkový kus.

Senzor viz obr. 19 potřebuje vyhodnocovací jednotku, protože vysílač a přijímač jsou svedeny do jednoho konektoru. Dosah senzoru je až 500 mm a při 100 mm je velikost světelné stopy $\varnothing 10$ mm. Na základě těchto parametrů je potřeba přijímač umístit co nejblíže vysílači, aby světelný kužel byl co nejmenší, tím pádem docílíme námi požadované snímané přesnosti. Aby nedocházelo k rušení při použití většího počtu senzorů umístěných blízko sebe, je potřeba senzory umísťovat do kříže, to znamená, že na jedné straně bude přijímač a vedle něho vysílač.



Obr. 19 Umístění senzoru společnosti Balluff, řada BOH000E

Na obr. 19 je vyobrazen princip kontrolování vodícího sedla. Jsou k tomu zapotřebí tři senzory řady BOH000E.

První nejnižší umístěný senzor slouží k detekci součásti. Zbylé dva senzory umístěny výše, slouží ke kontrole správně založené součásti. Pokud jakýkoliv senzor

bude hlásit chybu, chyba se zobrazí na ovládacím panelu pro obsluhu, pokud se chyba neodstraní, stroj nemůže započít kompletaci.

Sick senzory

Senzory od firmy Sick jsou především bezpečnostní senzory, které na rozdíl od senzorů firmy Festo a Balluff nejsou svedeny do ventilových terminálů, ale přímo do rozváděcí skříně.

Jako bezpečnostní senzor si můžeme představit senzory typu světelná závora, blokovací zařízení s jištěním, nebo bezkontaktní spínač viz obr. 20. V případě narušení bezpečnostní zóny stroje musí dojít k okamžitému zastavení stroje. Pokud je porušen přívodní kabel k bezpečnostnímu senzoru, nebo jinak poškozen bezpečnostní senzor, tak je jednoúčelový stroj vyřazen mimo provoz do doby, než dojde k opravě chyby.

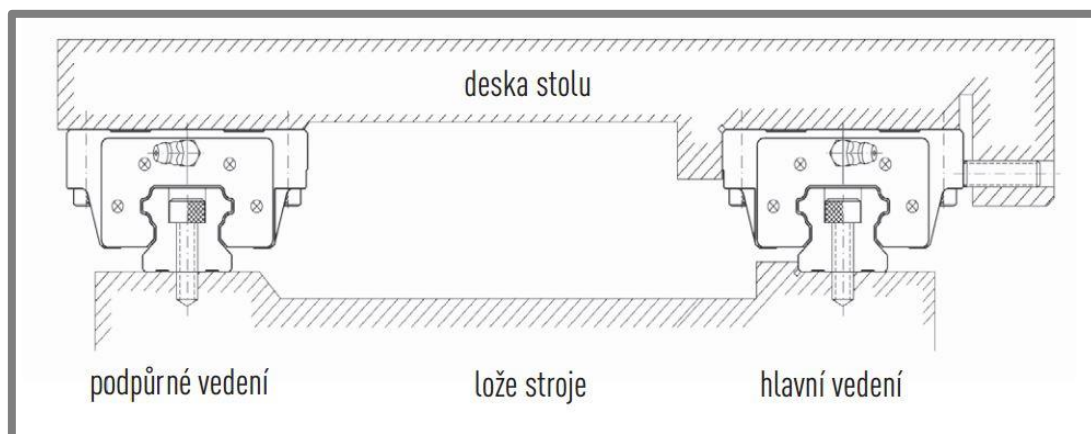


Obr. 20 Bezdotykové blokovací zařízení RE13-SAC [19]

4.6

4.6 Lineární vedení

Mechanismy konající translační pohyb je potřeba navrhnout tak, aby jejich pohyb byl přesný, plynulý a byl schopen pohlcovat rázy a vibrace. Abychom vyhověli těmto požadavkům, musíme použít lineární vedení, v našem případě od společnosti Hiwin. Volíme kolejnici i vozík řady HG o velikosti 15. Zvolené lineární vedení disponuje vysokou tuhostí ve všech zatěžujících směrech a je ekonomicky výhodné. Společnost Hiwin má taky lineární vedení menších rozměrů, ale ty nedosahují tak vysoké tuhosti, proto pokud není zapotřebí dodržet malé zástavbové rozměry, je vhodné volit větší lineární vedení. Na obr. 21 je vidět příklad uložení dvou lineárních vedení při zachování funkčnosti a spolehlivosti. Tyto a další parametry pro výběr lineárního vedení jsou uvedeny na stránkách Hiwin.

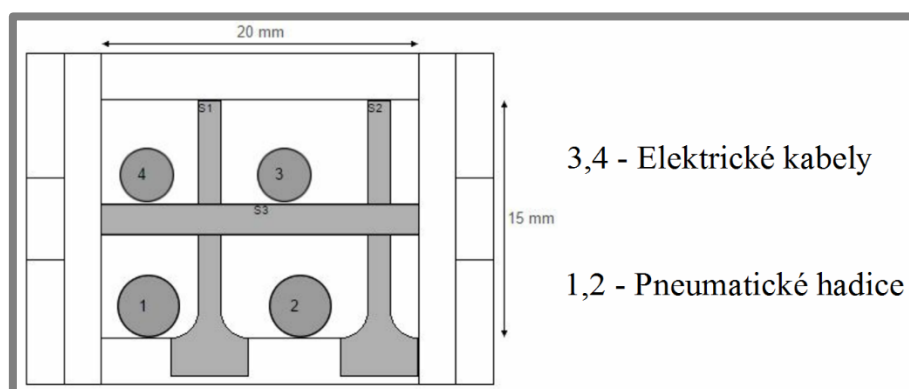


Obr. 21 Příklad uložení dvou vozíků [12]

4.7 Energetické řetězy

4.7

Když máme mechanismus, který koná translační pohyb a obsahuje pneumatický válec, nebo senzory, tak je nutné k mechanismu dovést hadice pro rozvod vzduchu a elektrické kabely pro zapojení snímačů. Pokud bychom nepoužili energetické řetězy, kabely by po určité době mohli prasknout vlivem nerovnoměrného namáhání určitých částí. Taky by hrozilo jejich zamotání a tím následného vyřazení mechanismu z provozu. Proto je vhodné použít energetické řetězy, které nejen zaručují přesný pohyb kabelů v daném směru, ale také odděluje jednotlivé kabely od sebe, aby nedocházelo k nadměrným ztrátám při pohybu a taky ke zkracování životností kabelů. Na obr. 22 je názorný příklad uspořádání pneumatických hadic a elektrických kabelů v energetickém řetězu, aby nedošlo k jejich křížení při pohybu. Také je důležité brát ohled na maximální samonosnou délku v závislosti na rychlosti posuvu, aby nedošlo k destrukci samotného energetického řetězu. V případě, že je potřeba vést kabely na větší vzdálenost je nutné řetěz podepřít.

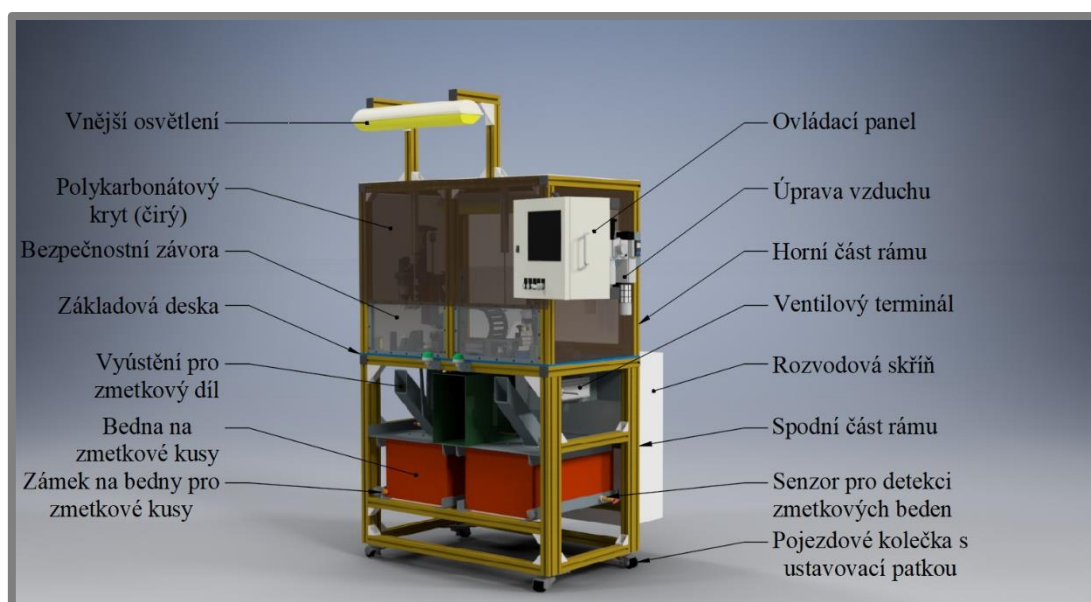


Obr. 22 Uspořádání kabelů v energetickém řetězu [20]

4.8 Rám

Při konstrukci rámu došlo k mnoha modifikacím. Rám musí splňovat nejen požadavky zákazníka jako je tuhost, zástavbové rozměry, nebo typ profilů, ale taky musí pojmout všechna zařízení jako je základová deska, bedny na zmetkové kusy, osvětlení vnitřní a vnější, rozvodovou skříň, ventilový terminál, ovládací panel a spouštěcí tlačítka. Mimo rám by v ideálním případě nemělo nic vyčínat.

V neposlední řadě je potřeba rám opatřit dveřmi pro servisní obsluhu, boky opatřit průhlednými panely z polykarbonátu, střechu zakrýt neprůhledným polykarbonátem a taky stroj opatřit bezpečnostní závorou z čelní strany, viz obr. 23.



Obr. 23 Rám – finální podoba

Profily Alutec K&K

Pro konstrukci rámu byl zvolen hliníkový profil Alutec K&K, konkrétně modul 45 a drážka v profilu má velikost 10. To je základní výběr typu námi používaných nosníků viz tab. 6. Výhody oproti ocelovým profilům spočívají především ve tvaru profilu, který obsahuje průběžnou drážku, díky tomu umožňuje nastavení připojené součásti, bez zásahů do profilu. Další výhoda spočívá v absenci povrchové úpravy po složení. Hliníkové profily jsou již z výroby povrchově upraveny a při kompletaci nedochází k poškození povrchové úpravy.

Tab.6 Parametry profilů [10]

Název	Popis	Materiál	W _x [cm ³]	W _y [cm ³]	Q [kg/m]
164545	Profil 45x45	AlMgSi 0.5F25	6,26	6,26	2,044
164590	Profil 45x90	AlMgSi 0.5F25	14,142	26,984	4,075

Určité hliníkové profily mají i uzpůsobený vnitřní průřez pro rozvod kapaliny, nebo vzduchu, což může být také přínosem.

Hliníkové profily je dají spojovat k sobě různými způsoby. Nejčastěji se používají úhlové spojky různých provedení, pokud ale obsahuje vnitřní díru, dá se do ní vyřezat závit a profil následně spojit s deskou. Tady se dá použít dalších různých spojek, nebo plechů pro spojení dvou a více profilů, viz obr. 24.



Obr. 24 Možnosti uchycení dvou profilů [21]

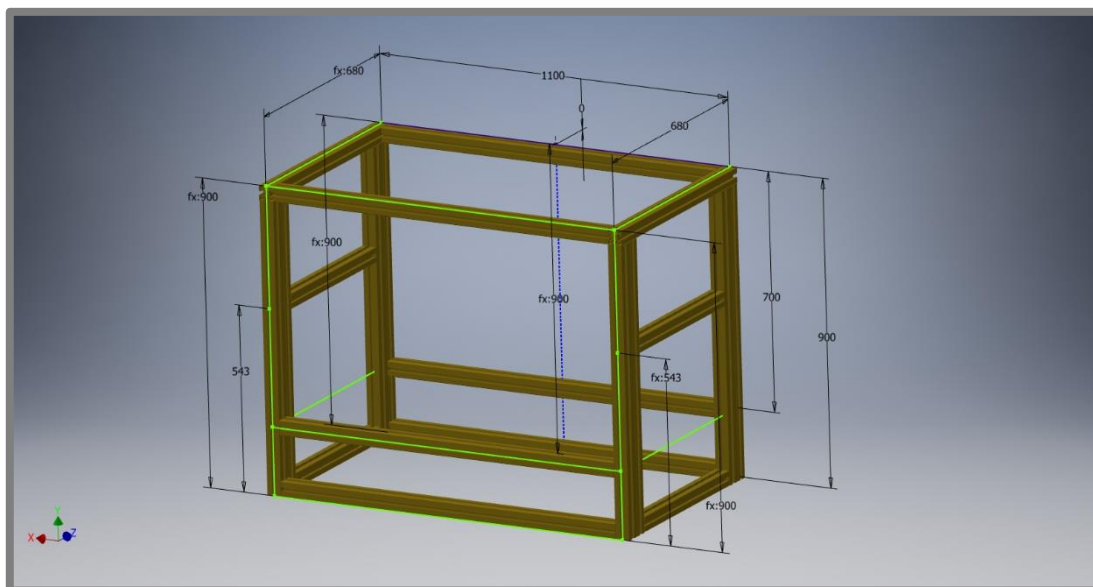
Vlastní konstrukce rámu

Při návrhu rámu dochází poměrně často k změně rozměrů jednotlivých profilů. Proto abychom si ulehčili práci, využili jsme aplikaci *Vložit rámovou konstrukci* v programu Autodesk Inventor.

Zde je potřeba tyto profily nejdříve nadefinovat do knihovny, protože se ve výchozí knihovně nenachází. Poté co jsou profily nadefinovány v knihovně, stačí vytvořit 3D náčrt a aplikace na tuto geometrii vloží námi vybrané profily, již s finální délkou, která se v případě potřeby automaticky mění. Tento fakt především oceníme při tvorbě výkresové dokumentace.

Výhody 3D náčrtu jsou patrné již z obr. 25. Všechny kóty jsou vzájemně vázané mezi sebou, to má za následek, že v případě změně jedné kóty dojde ke změně celého rámu, aniž by někde nastal problém. Taký do náčrtu můžeme vložit víc úseček, ale nemusíme na ně následně vázat žádný profil.

Když máme hotový 3D náčrt, přijde na řadu vkládání profilů, zde má zase program Autodesk Inventor možnost různě upravovat místa kde na sebe navazuje více profilů. Vkládání úhlových spojek, nebo koleček, či ustavovacích patek je provedeno až v nadřazené sestavě.



Obr. 25 Spodní část rámu + 3D náčrt

Finální rozvržení rámu

Rám byl rozdělen na dvě části patrné z obr. 23. Toto rozvržení bylo vybráno z hlediska tuhosti konstrukce a následné montáže.

K pracovní desce je nejdříve připevněna horní část rámu, a teprve poté dojde ke spojení pracovní desky se spodní částí rámu pomocí několika šroubů. Tato varianta byla zvolena, protože v horní části se nenachází žádné zařízení, které by vyvíjelo síly na rám. Jsou tam pouze zavěšena světla, bezpečnostní senzory, ovládací panel a kabeláž. Proto jednoduchá a lehká konstrukce je z ekonomického hlediska stěžejní. Spodní rám musí být tužší, aby nedocházelo k deformacím a základní deska je k tomuto rámu také bytelněji upevněná. Spodní rám musí být zároveň dostatečně prostorný, aby se do spodní části mohly uschovat všechny důležité komponenty.

5 DISKUZE

5

Výše popsané konstrukční řešení bylo schváleno zákazníkem i firmou která stroj vyrábí. Než ovšem došlo k finální konstrukci jednoúčelového stroje, vyskytlo se zde plno problémů.

Základní zadání bylo navrhnout jednoúčelový stroj pro kompletaci termostatu, který bude splňovat kritéria stanovené zákazníkem. V průběhu se objevilo plno doplňujících informací a požadavků, které bylo potřeba implementovat do jednoúčelového stroje, a to značně prodloužilo čas potřebný ke konstrukci zařízení. Kdyby zákazník vydal podrobnější průvodní dokument, kde by specifikoval konkrétnější požadavky jako je umístění lůžek, nebo princip kompletace jednotlivých komponent, ušetřilo by to plno času. Jedná se sice o nový produkt, který dosud nebyl vyráběn, ale existuje už pár jednoúčelových strojů, které u zákazníka podobné produkty kompletují. Proto kdyby chyby nalezené u ostatních strojů zakomponoval do průvodního dokumentu, značně by tím ulehčil práci a zkrátil čas potřebný pro výrobu stroje.

Další problém spočíval ve volbě senzorů, kde by se včasným seznámením s doporučenými senzory používaných firmou také zkrátil čas potřebný pro konstrukci, a zbytečně se tak nenavrhovaly senzory, které svůj účel splní, ale jsou nákladné.

V případě rámu nastala obdobná situace jako u pracovní desky. Chyběly rozměry, nebo poloha pro ustavení světel, ovládacího panelu, či spouštěcích tlačítek, které bylo také následně nutno předělávat.

6 6 ZÁVĚR

Hlavním cílem bakalářské práce bylo navrhnout jednoúčelový stroj pro montáž termostatu. K dosažení tohoto cíle bylo nutné klást velký důraz na požadavky zákazníka a náklady na výrobu stroje. Tyto cíle jsem splnil a konstrukční řešení s výkresovou dokumentací bylo uloženo do firemní databáze. Nyní je stroj ve fázi výroby a kompletace.

Identifikace parametrů zařízení je popsána v kapitole dva. Zákazník zpracoval průvodní dokument obsahující konstrukční, nebo bezpečnostní omezení jak konstrukčních celků, tak jednotlivých parametrů použitých na jednoúčelovém stroji. Jsou zde kladeny omezení i ze strany firmy která stroj vyrábí. Hlavně se jedná o snadnou kompletaci a možnost transportu jednoúčelového stroje na dané místo.

Návrh montážního postupu je předveden ve třetí kapitole. Celkem jsou zhotoveny tři návrhy, které se od sebe liší výraznými změnami. Třetí návrh je zhotoven především dle požadavků zákazníka, který si určil, kam se díly budou zakládat a jak si představuje kompletaci.

Konstrukce zařízení je popsána v kapitole čtyři. Jsou zde popsány pouze určité části, protože kompletní popis jednoúčelového stroje by přesáhl rámec bakalářské práce. Konkrétně je zde popsána konstrukce kyvného mechanismu s výběrem nakupovaných komponent. Dále je zde popsána konstrukce základacích lůžek a kompletního rámu u kterého jsou i uvedeny parametry, které musí splňovat. V neposlední řadě je zde popsán i výběr a typy senzorů.

V Bakalářské práci jsem se zabýval pouze konstrukčním návrhem. Dále je potřeba navrhnout pneumatické schéma, stroj zkompletovat, zapojit všechny pneumatické mechanismy, elektronické komponenty a v neposlední řadě je nutné vytvořit program, kterým bude stroj řízen. Tyto informace jsou již nad obsahový rámec bakalářské práce, a proto bych na touto problematiku mohl navázat v diplomové práci.

Při kompletaci stroje se naskytly i určité problémy, které bylo nutné vyřešit. Tyto řešení jsou popsány v bakalářské práci, ale jeden problém zde není uveden. Jedná se o fotografickou dokumentaci jednoúčelového stroje pro kompletaci termostatu. Jelikož předávka jednoúčelového stroje nebyla stanovena na přesné datum a výrobce stroje měl problémy s výrobou dalších strojů, tak se výroba jednoúčelového stroje posunula o měsíc. Proto zde v příloze jsou uvedeny pouze fotky par dílců již vyrobených a nakoupených komponent.

7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ**7**

- [1]. Ford model T. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedia, 2016 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Ford_model_T
- [2]. Dopravníkový systém pro potravinářský a obalový průmysl. *Průmyslové spektrum* [online]. Praha 10: Petr Žalud, 2016 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/dopravnikovy-system-pro-potravinarsky-a-obalovy-prumysl.html>
- [3]. Karuselové balicí stroje - typ KARPTEK. *Mavet* [online]. Rychnovek: Mavet, c2017 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.mavet.cz/karuselovy-balici-stroj-typ-karptek>
- [4]. IMA-Slitter na dělení papírových rolí. *Svoma* [online]. Nové Veselí: Svoma, c2014 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.svoma-stroje.cz/content.aspx?id=15&lid=30>
- [5]. JÚS na odstraňování čípků. *Procad* [online]. Brno: Procad, c2005 [cit. 2017-03-08]. Dostupné z: <http://www.procad.cz/produkty.php?cid=1>
- [6]. O nás. *Festo* [online]. Praha4: Festo, c2000-2010 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: https://www.festo.com/cms/cs_cz/9461.htm
- [7]. Festo. *Wikipedia* [online]. San Francisco: Wikipedia, 2016 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Festo>
- [8]. Balluff. *Axima* [online]. Brno - Přízřenice: Axima, c2017 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://obchod.axima.cz/znacka/balluff/>
- [9]. Spektrum služeb. *Balluff* [online]. Praha 9 - Kyje: Balluff CZ, c2017 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.balluff.com/local/cz/company/company-overview/service-portfolio/>
- [10]. O nás. *Aluteck* [online]. Čelákovice - Záluží: Aluteck, c2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.aluteck.cz/o-nas>
- [11]. Portrét společnosti SICK AG. *Sick* [online]. Praha 10 – Vršovice: Sick, c2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/portret-spolecnosti-sick-ag/w/about/>
- [12]. *Hiwin* [online]. Brno: Hiwin [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://www.hiwin.cz>
- [13]. Bezpečnost strojů - 1. díl - úvod, normy, posouzení rizika. *Automatizace* [online]. Praha 4 - Kateřinky: Vojáček, 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-1-dil-normy-rizika.html>
- [14]. Bezpečnost strojů - 2. díl - PL vs. SIL. *Automatizace* [online]. Praha 4 - Kateřinky: Vojáček, 2015 [cit. 2017-05-13]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju/bezpecnost-stroju-2-dil-pl-vs-sil.html>
- [15]. *ITW* [online]. Velká Bíteš: ITW pronovia [cit. 2017-04-15]. Dostupné z: <http://www.itwpronovia.cz/en/>
- [16]. LEINVEBER, Jan, Jaroslav ŘASA a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky*. Třetí, doplněné vydání. Praha: Scientia, 1999. ISBN 80-7183-164-6.

- [17]. *Festo* [online]. Praha 4: Festo, c2000-2010 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z:
https://www.festo.com/cms/cs_cz/index.htm
- [18]. *Misumi* [online]. Japonsko: Misumi, 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z:
<http://uk.misumi-ec.com>
- [19]. *Sick* [online]. Waldkirch: Sick, c2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z:
<https://www.sick.com/de/de/?saveCookie=true>
- [20]. *Igus* [online]. Litoměřice: Igus, c2017 [cit. 2017-04-30]. Dostupné z:
<http://www.igus.cz>
- [21]. *Technika a trh* [online]. Brno: Technika a trh, c2017 [cit. 2017-04-30].
Dostupné z: <https://www.technikaatrh.cz>

8. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

8

L_{10}	[h]	-	životnost
C_D	[kN]	-	dynamická únosnost
P	[kN]	-	zatěžující síla
a	[-]	-	koefficient pro kuličková ložiska

9 9. SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1 Termostat, součást termostatické jednotky	13
Obr. 2 Balicí stroj Karpтек [3].....	14
Obr. 3 Jednoúčelový stroj Slitter [4]	15
Obr. 4 Stroj odstraňující čípek [5]	16
Obr. 5 Jednoúčelový stroj Tester	16
Obr. 6 Rozdělení typů norem [13].....	19
Obr. 7 Graf pro volbu požadované třídy bezpečnosti [14]	20
Obr. 8 Termostat – rozložený stav.....	23
Obr. 9 Mechanismus pro kompletaci termostatu – první návrh	24
Obr. 10 Mechanismus pro kompletaci termostatu – druhý návrh	25
Obr. 11 Mechanismus pro kompletaci termostatu – třetí návrh	26
Obr. 12 Finální podoba pracovní desky.....	28
Obr. 13 Základna přípravku s lůžky pro obtokový ventil a vodící sedlo	30
Obr. 14 Kyvný mechanismus	31
Obr. 15 Kyvný mechanismus – složený stav.....	31
Obr. 16 Graf zobrazující dovolená zatížení čelistí chapadla [17]	32
Obr. 17 Graf zobrazující závislost setrvačného momentu na času a úhl. nat.[17]	33
Obr. 18 Tabulka pro volbu hřídelové spojky [18]	33
Obr. 19 Umístění senzoru společnosti Balluff řada BOH000E.....	35
Obr. 20 Bezdotykové blokovací zařízení RE13-SAC [19].....	36
Obr. 21 Příklad uložení dvou vozíků [12]	37
Obr. 22 Uspořádání kabelů v energetickém řetězu [20].....	37
Obr. 23 Rám finální podoba	38
Obr. 24 Možnosti uchycení dvou profilů [21]	39
Obr. 25 Spodní část rámu + 3D náčrt	40

10. SEZNAM TABULEK**10**

Tab.1 Přehled dalších společností	18
Tab.2 Přehled tří norem [13]	19
Tab.3 Přehled plastových konstrukčních materiálů [16]	28
Tab.4 Přehled konstrukčních materiálů [16]	29
Tab.5 Parametry kuličkových ložisek axiálních [16]	34
Tab.6 Parametry profilů.....	38

11 **11. SEZNAM PŘÍLOH****Výkresová dokumentace**

Název	Typ výkresu	Číslo
Jednoúčelový stroj	Sestava	2016-12
Pracovní deska	Sestava	2016-12_02

Fotografická dokumentace

Název	Číslo
Rám	2016-12_02_05_01
Pracovní deska	2016-12_02_15
Rameno	2016-12_02_07
Držák senzoru	2016-12_02_04_07
Úhelník 2	2016-12_02_03_02
Držák senzoru	2016-12_02_18
Nosný plech	2016-12_02_03_05
Kryt dorazu	2016-12_02_16
Úhelník	2016-12_02_01_17
Podložka 1	2016-12_01_12
Čelist	2016-12_02_01_16